

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-010934

(43)Date of publication of application : 14.01.1997

(51)Int.Cl.

B23K 9/04
B23K 9/18
B23K 35/30
F01D 5/06

(21)Application number : 07-157992

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 23.06.1995

(72)Inventor : MURAI YASUO
SAITO KENJI
TSUCHIYAMA TOMOHIRO
MURAKAMI EIICHI

(54) BUILD UP WELDING METHOD OF BEARING PART OF 12CR STEEL TURBINE ROTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a build up welding part having no defects such as small blowholes or slag inclusion, or having no defective welds by achieving the build up welding under the welding condition of the prescribed droplet transfer number and welding heat input.

CONSTITUTION: In achieving the build up welding by the consumable electrode arc welding to a bearing part of a 12Cr steel turbine rotor, the build up welding is achieved under the welding condition of the droplet transfer number of 10-50/ second, and the heat input of welding of 14-25KJ/cm. To realize the welding condition of the droplet transfer number of 10-50/second, and the welding heat input of 14-25KJ/cm, the low alloy steel wire of 2.0-2.6mm in diameter is used for the welding wire in the consumable electrode arc welding. That means, the welding current is increased to realize the droplet transfer number of 10-50/ second. When the welding speed is increased to prevent the difficulty in holding the molten metal, the welding heat input is reduced, and for the countermeasures thereof, it is effective to use the low alloy steel wire of 2.0-2.6mm in diameter.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.01.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2909409

[Date of registration] 02.04.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-10934

(43) 公開日 平成9年(1997)1月14日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 9/04		8315-4E	B 2 3 K 9/04	P
9/18		8315-4E	9/18	Z
35/30	3 4 0		35/30	3 4 0 A
F 0 1 D 5/06			F 0 1 D 5/06	

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-157992

(22) 出願日 平成7年(1995)6月23日

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 村井 康生

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号

株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72) 発明者 斎藤 賢司

神奈川県藤沢市宮前字裏河内100番1 株

式会社神戸製鋼所藤沢事業所内

(72) 発明者 土山 友博

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号

株式会社神戸製鋼所高砂製作所内

(74) 代理人 弁理士 明田 莞

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法

(57) 【要約】

【構成】 12Cr系鋼製タービンロータの軸受部に対し、消耗電極式アーク溶接により肉盛溶接するに際し、溶滴移行回数：10～50個／秒、且つ、溶接入熱：14～25kJ／cmの溶接条件で肉盛溶接することを特徴とする12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法。

【効果】 12Cr系鋼製タービンロータの軸受部に対して低合金鋼を肉盛溶接するに際し、微小なブローホールやスラグ巻き欠陥という微小な溶接欠陥の発生をも防止でき、それら微小な溶接欠陥をも有しない肉盛溶接部を得ることができるようになる。

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 12Cr系鋼製タービンロータの軸受部に対し、消耗電極式アーク溶接により肉盛溶接するに際し、溶滴移行回数：10～50個/秒、且つ、溶接入熱：14～25kJ/cmの溶接条件で肉盛溶接することを特徴とする12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法。

【請求項2】 前記消耗電極式アーク溶接に使用する溶接ワイヤが低合金鋼よりなり、その直径が2.0～2.6mmである請求項1記載の12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法。

【請求項3】 前記消耗電極式アーク溶接がサブマージアーク溶接である請求項1又は2記載の12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法に関し、詳細には、12%Cr系鋼製の蒸気タービンロータシャフトの軸受部の肉盛溶接方法に関する。

【0002】

【従来の技術】火力発電機を主体として使用される蒸気タービンロータシャフトは、近年、発電効率の向上を図るために高い蒸気温度の下で使用される傾向がある。これに伴い、使用環境に耐える材料としてクリープ強度の高い、いわゆる12%Cr系鋼がしばしば使用されているが、12%Cr系鋼製のタービンロータシャフトは、使用中に軸受部において焼付きを起こし易い。そこで、かかる焼付きを防止するため、軸受部に低合金製スリーブを焼ばめしたタイプのタービンロータシャフトが実用化されている。しかし、このタイプのタービンロータシャフトは、使用中、経年変化により焼ばめ部が緩み、ガタツキが生じるという問題点があった。

【0003】そこで、最近、軸受部に低合金鋼を肉盛溶接する技術が検討され、一部実用化されている。かかる肉盛溶接を軸受部に施すタイプのタービンロータシャフトについては、例えば、特開昭57-137456号公報、特開平4-81293号公報、特開平6-272503号公報に記載されたものがある。その内容を以下説明する。

【0004】① 特開昭57-137456号公報に記載されたものは、C：0.05～0.35%、Si：0.10～1.0%、Mn：0.10～1.0%、Cr：0.30～2.80%、Mo：0.10～2.0%、V：0.05～0.35%、Ni：0.50～4.0%を含有する低合金鋼を軸受部に肉盛溶接したことを特徴とするタービンロータである。

② 特開平4-81293号公報に記載されたものは、肉盛溶接金属表層部が、C：0.11～0.17%、Si：0.2～0.6%、Mn：1.0～2.5%、P：0.03%以下、S：0.015%以下、Cr：1.1～1.6%、Mo：0.1～0.5%、V：0.04%以下を含有する低合金鋼Aよりなる12%Cr鋼製蒸気タービンロータシャフトである。又、焼結型フラックスと溶接ワイヤとを組合

2

たサブマージアーク溶接にて3層以上肉盛溶接され、その最表層部が上記低合金鋼Aと同様の組成を有するもの、低温の予熱によってジャーナル部の低温割れ防止が図られたもの、焼結型フラックスとC：0.03～0.12%、Si：0.2～0.6%、Mn：1.0～2.0%、Cr：0.2%以下、Mo：0.1～2.5%を含有する低合金鋼よりなる溶接ワイヤとを組合せて、少なくとも1層をサブマージアーク溶接法で下盛溶接し、引続き、焼結型フラックスと溶接ワイヤとを組合せたサブマージアーク溶接により、2層以上を上盛溶接し、表層部が上記低合金鋼Aと同様の組成を有する肉盛溶接金属を得るものである。

③ 特開平6-272503号公報に記載されたものは、5～13Cr系タービンロータのジャーナル部に、下盛と上盛とからなる肉盛溶接部が形成されており、前記上盛溶接材料が低合金鋼からなり、下盛溶接材料がこの低合金鋼上盛溶接材料及びロータ材よりも強度が高く且つ線膨張率の大きな溶接材料からなることを特徴とするタービンロータである。又、前記上盛溶接材料の組成を規定したものの、下盛溶接材料の組成を規定したもの、下盛及び上盛溶接材料の組合せによる溶接方法である。

【0005】これら従来の12Cr系鋼製タービンロータの軸受部に対する低合金鋼の肉盛溶接技術（以降、従来の肉盛溶接技術という）は、溶接時の耐割れ性、溶接部の機械的性質、肉盛溶接部組成あるいは肉盛溶接部の残留応力特性の改善を目的としている。しかるに、これらの性能を改善することと同時に重要となるのは、溶接作業につきものともいえる溶接欠陥の発生防止技術であるが、前記従来の肉盛溶接技術では、かかる溶接欠陥の発生防止が充分には考慮されておらず、溶接欠陥の発生防止技術としては不十分であり、従って、溶接欠陥の発生防止技術の開発が望まれるところである。

【0006】即ち、一般構造物では殆ど問題にならない程度のブローホール、スラグ巻き込み欠陥あるいは融合不良でも、高応力下での疲労強度特性が要求されるタービンロータの軸受部では、これらの欠陥の存在が問題となる。しかし、前記従来の肉盛溶接技術では、微小なブローホールやスラグ巻き込み欠陥を皆無にすることが困難である。従って、かかる微小なブローホールやスラグ巻き込み欠陥の発生をも防止できる肉盛溶接技術の開発が望まれており、より具体的には、超音波探傷試験での欠陥サイズとして0.7mmφ相当欠陥以上と判定されるインジケーションが認められなくなる（インジケーションに相当する溶接欠陥の発生を防止し得る）肉盛溶接技術の開発が望まれている現状にある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明はかかる事情に着目してなされたものであって、その目的は前記従来の肉盛溶接技術が有する問題点を解消し、12Cr系鋼製タービンロータの軸受部に対して低合金鋼を肉盛溶接するに際し、微小なブローホールやスラグ巻き込み欠陥という

微小な溶接欠陥の発生をも防止でき、それら微小な溶接欠陥をも有しない肉盛溶接部を得ることができる12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法を提供しようとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、前記課題を達成するためには、12Cr系鋼製タービンロータの軸受部に対して肉盛溶接するに際し、優れたアークの安定性の下で、且つ適切な溶接ビード形状を確保しながら溶接する必要があることに鑑みて、種々の溶接材料を試作し、種々の溶接条件で溶接施工試験及び性能調査を推進した結果、ここに本発明を完成するに至ったものである。

【0009】このようにしてなされた本発明は、請求項1～3記載の12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法であり、それは次のような構成としたものである。即ち、請求項1記載の肉盛溶接方法は、12Cr系鋼製タービンロータの軸受部に対し、消耗電極式アーク溶接により肉盛溶接するに際し、溶滴移行回数：10～50個/秒、且つ、溶接入熱：14～25kJ/cmの溶接条件で肉盛溶接することを特徴とする12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法である。

【0010】請求項2記載の肉盛溶接方法は、前記消耗電極式アーク溶接に使用する溶接ワイヤが低合金鋼よりなり、その直径が2.0～2.6mmである請求項1記載の12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法である。請求項3記載の肉盛溶接方法は、前記消耗電極式アーク溶接がサブマージアーク溶接である請求項1又は2記載の12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法である。

【0011】

【作用】本発明に係る12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法は、前述の如く、種々の溶接施工試験及び性能調査を推進した結果として完成されたものであり、12Cr系鋼製タービンロータの軸受部に対し、消耗電極式アーク溶接により肉盛溶接するに際し、溶滴移行回数：10～50個/秒、且つ、溶接入熱量：14～25kJ/cmの溶接条件で肉盛溶接するようにしているので、微小なブローホールやスラグ巻き込み欠陥という微小な溶接欠陥の発生をも防止でき、それら微小な溶接欠陥をも有しない肉盛溶接部を得ることができるようになる。

【0012】この詳細を以下説明する。12Cr系鋼製タービンロータの軸受部に低合金鋼を肉盛溶接する際、前記各公報に記載された従来の肉盛溶接技術からもわかる如く、肉盛溶接部のCr量が約2.5%以下となるように肉盛溶接される。これは、ロータ運転中の焼付きを防止するためである。そして、この場合、通常は肉盛溶接部におけるロータ半径方向のCr量分布及び機械的性質が急激に変化しないよう多層溶接される。この際に問題となるのは、特に初層あるいは第2層目に発生しやすいブローホ

ールやスラグ巻き込み欠陥である。これは、かかる層の溶接はロータ材即ちCr量の高い被溶接材（母材）に対する低合金鋼溶接材料による溶接であり、この溶接金属（低合金鋼）は母材よりも融点が高いため、溶込み境界部での融点差があり、又、溶接金属自体の粘性が高く、そのため、境界部近傍に生成あるいはトラップされたブローホールやスラグが浮上分離し難く、そのまま欠陥として残留しやすいからである。従って、これらの欠陥は母材と初層溶接金属及び溶接金属同士のボンド部初期凝固ライン近傍にみられるのがほとんどである。特に、このボンド部初期凝固ライン近傍は溶接時の溶湯の脈動等によるミクロ偏析が生じやすく、又、凝固速度が早いことが加わり、前記Cr量差という組成的要因と相まってさらに微小欠陥が残留しやすい状態となっている。

【0013】上記のようなブローホールやスラグ巻き込み欠陥の発生源（以降、欠陥源という）としては、溶接時のCO反応による生成ガスや脱酸反応により生成したスラグが考えられ、又、サブマージアーク溶接ではさらにフラックスの巻き込みも考えられる。これらの欠陥源を前記ボンド部初期凝固ライン近傍にトラップさせなければ、或いは一旦トラップされても浮上分離し易くすれば、微小なブローホールやスラグ巻き込み欠陥という微小な溶接欠陥の発生を防止できるはずである。そこで、種々の溶接試験を行った結果、これらの欠陥源をボンド部初期凝固ライン近傍にトラップさせないためには、溶接時の単位時間当たりの溶湯の脈動数を増加させること、換言すれば溶滴移行回数を増加することが有効であるということがわかった。

【0014】しかしながら、単に溶接電流を増加させて溶滴移行回数を増加させるのは、本発明が対象としている軸材（タービンロータの軸受部）の溶接の場合には好ましくない。その理由は次のとおりである。即ち、軸材の肉盛溶接は下向き姿勢で行うことが多く、このように軸材を下向き姿勢で肉盛溶接する場合、通常は電極を軸（円）の頂点付近にセットし、軸材を回転させながら溶接する。このとき、タービンロータの軸受部の如く軸径が200～600mm程度の場合は、溶湯の保持が重要であるが、溶接電流を増加すると、溶着速度が増加し、そのため溶湯の保持が難しくなるからである。

【0015】そこで、この対策として、溶湯の保持をし易くするために、溶接速度を増加して単位溶接長当たりの溶着量を減少させると、溶接入熱の減少にともなって凝固速度が増大し、そのため欠陥源が浮上分離し難くなると共に、溶接ワイヤの曲がりくせ変動等があった場合にいわゆる融合不良欠陥が発生しやすくなるという問題点がある。これを防止するには、その原因が上記の如く溶接入熱量の減少にあることから、溶接入熱量を高めればよい。

【0016】従って、溶湯の保持を確保した中で（溶湯保持の困難化を招くことなく）、好適に微小なブローホ

10

20

30

40

50

ールやスラグ巻き込み欠陥という微小な溶接欠陥の発生を防止するには、溶滴移行回数を増加すると共に、溶接入熱を増大することが有効である。そして、このような溶滴移行回数は10~50個/秒、溶接入熱は14~25kJ/cmであることがわかった。

【0017】そこで、本発明に係る12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法は、12Cr系鋼製タービンロータの軸受部に対し、消耗電極式アーク溶接により肉盛溶接するに際し、溶滴移行回数：10~50個/秒、且つ、溶接入熱：14~25kJ/cmの溶接条件で肉盛溶接するようにしており、従って、微小なブローホールやスラグ巻き込み欠陥という微小な溶接欠陥の発生をも防止でき、それら微小な溶接欠陥をも有しない肉盛溶接部を得ることができるようになる。

【0018】ここで、溶滴移行回数を10~50個/秒としているのは、10個/秒未満にすると欠陥源がポンド部初期凝固ライン近傍にトラップされ、欠陥として残留し、微小な溶接欠陥の発生防止が図れず、一方、50個/秒超にすると、ワイヤの細径化により実現することから、適正溶接入熱下での溶着速度が過大となり、溶湯温度の低下と相まって欠陥源が浮上分離し難くなるからである。

【0019】溶接入熱を14~25kJ/cmとしているのは、14kJ/cm未満にすると欠陥源が浮上分離し難くなり、微小な溶接欠陥の発生防止が図れず、一方、25kJ/cm超にすると軸受部肉盛溶接の際の溶湯の保持が難しくなるからである。

【0020】溶接方法として消耗電極式アーク溶接を採用しているのは、次の理由による。即ち、溶接方法については、TIG溶接、消耗電極式アーク溶接の適用が考えられるが、TIG溶接は作業環境による大気巻き込みがあり、又、溶加材（通常はワイヤ）に付着した欠陥源（酸化物、潤滑材）を脱酸浮上させる能力が低く、微小欠陥を完全に排除するのが難しく、更に、溶接能率も低くてコストアップにつながり易い。これに対して、消耗電極式アーク溶接は、欠陥源を脱酸浮上させる能力が高く、微小欠陥を排除し易く、更に、連続溶接安定性が優れて溶接能率も高い。かかる点から、消耗電極式アーク溶接を採用している。

【0021】上記消耗電極式アーク溶接としては、MAG、MIG溶接等の消耗電極式ガスシールドアーク溶接、サブマージアーク溶接があるが、消耗電極式ガスシールドアーク溶接はスパッタの発生、シールドノズルへの堆積による連続溶接安定性にやや問題があり、又、作業環境による大気巻き込みが生じる可能性があるのに対し、サブマージアーク溶接はかかる問題が少ないので、サブマージアーク溶接を採用することが望ましい（請求項3記載の肉盛溶接方法）。

【0022】前述の如く、溶湯保持の困難化を招くことなく、微小な溶接欠陥の発生を防止するには、溶滴移行回数：10~50個/秒、且つ、溶接入熱：14~25kJ/cmの

溶接条件で肉盛溶接するとよい。このように溶滴移行回数：10~50個/秒、且つ、溶接入熱量：14~25kJ/cmとするには、種々の手段があるが、前記消耗電極式アーク溶接に溶接ワイヤとして直径：2.0~2.6mmの低合金鋼製ワイヤを使用するのが最も確実である（請求項2記載の肉盛溶接方法）。即ち、溶滴移行回数：10~50個/秒とするために溶接電流を増加させ、その場合の溶湯保持の困難化を防止するために溶接速度を増加させると溶接入熱量が減少するが、この対策として直径：2.0~2.6mmの低合金鋼製ワイヤを使用することが有効であり、それにより、必要な溶接入熱量：14~25kJ/cmを十分に確保し得、従って、溶湯保持の困難化を招くことなく、確実に溶滴移行回数：10~50個/秒、且つ、溶接入熱量：14~25kJ/cmにし得、ひいては微小な溶接欠陥の発生を確実に防止できる。

【0023】ここで、低合金鋼製溶接ワイヤを直径：2.0mm未満のものにすると、溶滴移行回数：10~50個/秒、且つ、溶接入熱量：14~25kJ/cmという必要条件を満たし難くなる傾向にあり、直径：2.6mm超のものにすると、かかる必要条件是確実に満たし得るものの、溶湯保持の困難化を招く傾向にある。

【0024】本発明において、消耗電極式アーク溶接に用いる溶接材料（溶接ワイヤ）の成分組成については、特に限定されるものではなく、所定の肉盛厚さ（ユーザとメーカーとの協議により取り決める場合が多い）を確保でき、肉盛溶接部表面のCr量が約2.5%以下となり、所定の機械的性質を有する溶接部が得られる低合金鋼製の溶接材料（溶接ワイヤ）を用いればよい。

【0025】12Cr系鋼製タービンロータは、12%Cr系鋼よりなるタービンロータである。この12%Cr系鋼は、Cr量が約9~12%の合金鋼（即ちステンレス鋼）であり、このCr量を除き他の成分組成は特に限定されず、例えばC：0.12~0.22%、Si：0.05~0.3%、Mn：0.4~0.8%、Cr：9~12%、Mo：1.0~1.5%、V：0.15~0.25%、Ni：0.4~0.8%、Nb：0.04~0.10%を含有するものを用いることができる。

【0026】

【実施例】

（実施例1）表1に示す化学成分の12Cr系鋼製タービンロータを回転させながら、その軸受部（直径：300mm）に対し、表2に示す化学成分を有する種々の直径の溶接ワイヤを用いてサブマージアーク溶接により肉盛溶接し、肉盛溶接部の欠陥発生状況を超音波探傷試験により調べた。このとき、フラックスには市販の焼結型フラックスを用い、溶接に際して予熱及び層間温度が200~320℃の範囲となるように配慮した。溶接時の溶滴移行回数はオシログラフによる電圧、電流波形から計測した。溶接性は下向きとし、溶接時の電極位置は軸材の頂点から軸材の回転方向と逆方向に10mm移動させた位置とした。積層はそれぞれの条件で肉盛厚さが12mmで、表面での軸

方向の幅が約120mm となるよう多層溶接した。

【0027】上記超音波探傷試験の結果を溶接条件、溶滴移行回数などと共に表3～4に示す。これらの表からわかる如く、条件No.1～10の場合、いずれも溶滴移行回数が過少である（本発明に係る溶滴移行回数：10～50個／秒よりも少い）ため、超音波探傷試験でのインジケーション（0.7mmφ相当欠陥以上と判定されるインジケーション、以下同様）が認められた。この中、No.3、4の場合は入熱過大である（本発明に係る溶接入熱：14～25kJ/cmよりも大きい）ことに起因し、溶湯の保持が困難となり、溶落ち（垂落ち）が発生した。条件 No.15、17、21、23、30の場合は、溶滴移行回数は適切（10～50個／秒の範囲内）であるが、入熱過少のため、欠陥源が浮上し難く、インジケーションが認められた。尚、No.21のものでは溶接ビード形状が著しく凸形となった。条件 No.29、31～33の場合は、溶接入熱は適切（14～25kJ/cmの範囲内）であるが、インジケーションが認められた。これは、溶滴移行回数が過大であることにより、溶着速度が過大となり、欠陥源が浮上し難くなったためであると推察される。

【0028】これに対して、条件 No.11～14、16、18～20、22、24～28の場合は、本発明の実施例に係わるものであり、本発明に係る溶滴移行回数（10～50個／秒）及び溶接入熱（14～25kJ/cm）を充たしており、インジケーションが全く認めらず、又、溶落ちがなく、更に溶接

ビード形状も良好であった。尚、この場合の溶接ワイヤの直径は2.0～2.6mmであり、従って、溶落ちを生じることなく、適切な溶滴移行回数（10～50個／秒）及び溶接入熱（14～25kJ/cm）を兼ね備えさせるには、溶接ワイヤ径として2.0～2.6mmが適切であることが確認される。

【0029】

【表1】

化学成分 (mass %)	C : 0.13	Ni : 0.60
	Si : 0.07	Cr : 10.43
	Mn : 0.55	Mo : 1.42
	P : 0.013	V : 0.16
	S : 0.001	Nb : 0.050

【0030】

【表2】

化学成分 (mass %)	C : 0.12	Ni : 0.60
	Si : 0.45	Cr : 1.42
	Mn : 1.50	Mo : 0.25
	P : 0.010	残 : Fe
	S : 0.007	

【0031】

【表3】

条件 No	ワイヤ径 mm Φ	溶接条件				溶滴 移行 回数 1/sec	溶接 ビード 状態	超音波探傷結果	
		電流 A	電圧 V	速度 cm/min	入熱 J/cm			≥ 0.7 mm Φ 個	判定
1	4.0	450	30	30	27	3	○	15	×
2	4.0	500	31	30	31	4	○	10	×
3	4.0	600	32	30	38.4	5	溶落ち	—	×
4	4.0	600	32	40	28.8	5	溶落ち	—	×
5	3.2	300	28	30	16.8	4	○	8	×
6	3.2	350	30	30	21	5	○	6	×
7	3.2	350	30	35	18	5	○	6	×
8	3.2	400	30	30	24	7	○	5	×
9	3.2	450	30	40	20.25	8	○	7	×
10	2.6	270	28	30	15.12	8	○	4	×
11	2.6	300	28	30	16.8	11	○	0	○
12	2.6	350	30	30	21	14	○	0	○
13	2.6	400	30	40	18	17	○	0	○
14	2.4	270	27	30	14.58	10	○	0	○
15	2.4	270	27	35	12.5	12	×	0	×
16	2.4	300	28	30	16.8	12	○	4	○
17	2.4	300	28	40	12.6	12	○	0	×
18	2.4	350	29	30	20.3	16	○	0	○
19	2.4	400	29	30	23.2	19	○	0	○
20	2.4	400	29	40	17.4	19	○	0	○
21	2.4	400	29	50	13.92	19	×	7	×

【0032】

* * 【表4】

条件 No	ワイヤ径 mm Φ	溶接条件				溶滴 移行 回数 1/sec	溶接 ビード 状態	超音波探傷結果	
		電流 A	電圧 V	速度 cm/min	入熱 J/cm			≥ 0.7 mm Φ 個	判定
22	2.0	270	27	30	14.58	20	○	0	○
23	2.0	270	27	40	10.94	20	○	5	×
24	2.0	300	27	30	16.2	23	○	0	○
26	2.0	350	27	30	18.9	32	○	0	○
27	2.0	400	29	30	23.2	40	○	0	○
28	2.0	400	29	40	17.4	40	○	0	○
29	2.0	450	29	45	17.4	62	×	8	×
30	1.6	220	28	30	12.32	46	○	5	×
31	1.6	250	28	30	14	55	○	4	×
32	1.6	300	30	35	15.43	74	○	7	×
33	1.6	350	30	40	15.75	92	×	9	×

【0033】

50 【表5】

条件 No	溶接 方法	溶接条件					超音波探傷結果	
		電流 A	電圧 V	速度 cm/min	シールドガ ス又はフラ ックス	ワイヤ 送給量 (TIG のみ)	≥0.7 mmφ 個	判定**
1	MAG	280	30	35	Ar+20%CO ₂	—	0	△
2	MAG	320	31	35	Ar+20%CO ₂	—	0	△
3	TIG	270	13	10	Ar	15 g/min	12	×
4	TIG	300	13	13	Ar	20 g/min	15	×
5	サブマージ アーク	300	28	30	焼結 フラックス	—	0	○
6	サブマージ アーク	350	29	35	焼結 フラックス	—	0	○

(注) *1 — ○: 極めて良好 △: 良好 ×: 不良

【0034】(実施例2) 実施例1と同様の12Cr系鋼製タービンロータの軸受部に対し、表2と同様の化学成分を有する直径2.4mmのMAG及び直径1.2mmのTIG用溶接ワイヤを試作し、これを用いて実施例1と同様の積層でMAG溶接又はTIG溶接により肉盛溶接し、肉盛溶接部の欠陥発生状況を超音波探傷試験により調べた。又、直径2.4mmの溶接ワイヤを用いてサブマージアーク溶接により肉盛溶接し、肉盛溶接部の欠陥発生状況を超音波探傷試験により調べた。

【0035】上記超音波探傷試験の結果を溶接条件と共に表5に示す。表5からわかるように、TIG溶接による場合は、超音波探傷試験でインジケーションが認められており、微小欠陥を排除するのが難しい。MAG溶接による場合は、インジケーションが認められていない *

*が、シールドノズルへのスパッタの堆積による連続溶接安定性にやや問題があり、又、作業環境による大気の巻き込みが生じる可能性があった。これらに対し、サブマージアーク溶接による場合は、インジケーションが全く認められず、しかも上記MAG溶接による場合の如き大気の巻き込みは全く生じなかった。

【0036】

【発明の効果】本発明に係る12Cr系鋼製タービンロータの軸受部の肉盛溶接方法によれば、12Cr系鋼製タービンロータの軸受部に対して低合金鋼を肉盛溶接するに際し、微小なブローホールやスラグ巻き欠陥という微小な溶接欠陥の発生をも防止でき、それら微小な溶接欠陥をも有しない肉盛溶接部を得ることができるようになる。

フロントページの続き

(72)発明者 村上 栄一

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号
株式会社神戸製鋼所高砂製作所内